

ASOCIAȚIA ARHEO VEST
TIMIȘOARA

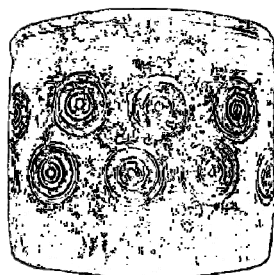
ARHEOVEST

I

-IN MEMORIAM LIVIU MĂRUIA-

Interdisciplinaritate în Arheologie și Istorie

Timișoara, 7 decembrie 2013



* *

JATEPress Kiadó
Szeged
2013

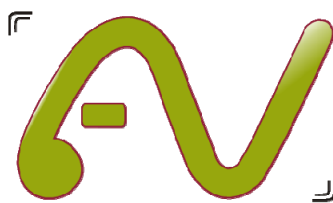
Editori:

Andrei STAVILĂ
Dorel MICLE
Adrian CÎNTAR
Cristian FLOCA
și Sorin FORȚIU

Coperta: Aurelian SCOROBETE TROI, <http://www.reinhart.ro>

Foto copertă: Ioana CLONȚA

Această lucrarea a apărut sub egida:



**Asociația
ArheoVest
Timișoara**



**CONSILIUL
JUDEȚEAN
TIMIȘ**

© Arheo Vest, Timișoara, 2013

Președinte Lorena VLAD

www.arheovest.com

ISBN 978-963-315-152-5 (összes/general)

ISBN 978-963-315-153-2 (Vol. I), ISBN 978-963-315-154-9 (Vol. II)

Responsabilitatea pentru conținutul materialelor revine în totalitate autorilor.

BISERICUȚELE DE CRETĂ DE LA BASARABI-MURFATLAR- ASPECTE ȘTIINȚIFICE ASUPRA STADIULUI ACTUAL¹

Rodica-Mariana Ion^{/**}, Radu-Claudiu Fierăscu^{*}, Irina Fierăscu^{*},
Raluca-Mădălina Senin^{*}*

* ICECHIM, București, Splaiul Independenței, nr. 202

** Universitatea "Valahia", Facultatea de Ingineria Materialelor, Târgoviște;
rodica_ion2000@yahoo.co.uk

Abstract. Murfatlar-Basarabi archaeological site is located on the right hand of the valley Carasu, now the Channel Danube-Black Sea on the northwestern slope of the hill Tibisir. It was discovered in 1957 during excavations of a group of workers, and in 1960, following its accelerated degradation, has undergone some conservation and restoration works. Unfortunately not all work gave the expected results, some of the measures taken show a long-term adverse effects, and currently only one (B4) of the four churches is accessed, the others being seriously damaged. In this work will be presented the historical aspects of the history, structural and compositional aspects of limestone (chalk), climate and human influence on this architectural site and conservation-restoration proposals for its saving.

Keywords: Basarabi-Murfatlar, chalk, conservation-restauration, structure, composition.

1. Introducere

Ansamblul Rupestru de la Basarabi, datat în secolele IX-XI, este construit într-un deal de cretă, într-o carieră de origine romană și cuprinde lăcașuri de cult, galerii ramificate, cavouri, locuințe, morminte². Pe pereți sunt incizate desene cu caracter simbolic, precum și un mare număr de inscripții, unele în paleoslavă și alfabet chirilic, câteva în scriere glagolică, altele în greacă, dar cea mai mare parte într-o scriere indescifrabilă până în prezent³. Ipoteza care susține că unele dintre reprezentările de la Basarabi pot fi atribuite lumii scandinave a fost lansată în repetate rânduri de Ion Barnea și acceptată de o mare parte a mediului științific românesc⁴. Ea pornește de la o serie de dovezi ce constau în mai multe siluete de dragoni dublu-spiralați, desene stilizate de corabie, schelete umane, socotite a fi de tip nordic, numele propriu Rainpilpe și patru grafice de labirinturi. Aceste presupuse prezențe

¹ This work was supported by a grant of the Romanian National Authority for Scientific Research, CNDI-UEFISCDI, project number 222/2012.

² Ion *et alii*, 2013a, p. 97.

³ Barnea, 1960, p. 211-219; Barnea, 1962, p. 187-208; Barnea, 1963, p. 189-195; Barnea, 1971, p. 205-219.

⁴ Barnea-Ștefănescu, 1971, p. 181-233.

vikingie sunt corelate cu vecinătatea drumului “de la varegi la greci”. Cu toate acestea, ipoteza pro-scandinavă nu este deloc cunoscută în mediul științific scandinav, în acest sens fiind lucrările lui Victor Spinei⁵, autorul a două articole despre vlahi în izvoarele medievale nordice, un articol al lui Kurt Horedt⁶, în care se discută posibilitatea menționării vlahilor sau cumanilor în textul unei stele funerare de la Sjonhem (un cimitir medieval din insula Gotland). Aceeași ignorare a ipotezei pro-scandinave o dovedesc și studiile recente ale lui Peter Dobrev⁷, care tratează numai chestiunea runelor, documentând un probabil areal lingvistic proto-bulgar la sfârșitul secolului al X-lea. Doar Răzvan Teodorescu⁸ a preluat necondiționat această ipoteză, iar o reacție pro-gotă au dovedit Petre Diaconu și Nicolae Petre⁹.

După descoperirea ansamblului în anii '60, elementele de rocă parțial dislocate au fost re poziționate într-o structură din beton armat și mortar din ciment. O construcție de protecție din beton armat a fost realizată parțial, pe mai puțin de jumătate din suprafața sitului; restul a rămas sub o protecție provizorie, ce nu mai poate asigura protecția în prezent monumentul datorită degradării avansate, indusă de intemperii, variații de temperatură și umiditate, precum și de alți factori responsabili de compromiterea monumentului. Aceste construcții nu au realizat un microclimat adecvat, astfel încât ansamblul a suferit degradări multiple, în special la nivelul paramentelor incizate.

O construcție provizorie de protecție, din lemn, acoperită cu carton bitumat, a venit în completarea acesteia, reparată mai apoi în cursul anului 2006, cartonul bitumat fiind înlocuit cu folii din policarbonat. S-a realizat o construcție de protecție pentru înlăturarea umidității excesive. Însă, variațiile de temperatură și excesul de umiditate, vandalismul manifestat prin inscripții recente, agresive, precum și desprinderi din pereții monumentului, riscă să compromită aceste monumente unice. În plus, lacul format în cursul construcției Canalului Dunăre-Marea Neagră, bogat în săruri și cu un pH ușor alcalin, facilitează degradarea monumentului, iar cunoașterea structurii și compoziției monumentului, precum și influența mediului înconjurător, se impun cu acuitate, mai mult ca oricând, mai ales având în vedere că multe din procesele distructive sunt induse de mediul înconjurător, și în plus, restaurările efectuate de-a lungul vremii nu au fost bazate pe studii științifice de compatibilitate, iar rășinile polimerice adăugate la soluțiile de restaurare au făcut mai mult rău accelerând procesul de degradare¹⁰.

⁵ Spinei, 1973a, p. 57-81; Spinei, 1973b, p. 259-282; Horedt, 1969, p. 179-185.

⁶ Horedt, 2008, p.147.

⁷ Dobrev, 1995.

⁸ Teodorescu, 1976, p. 120-127.

⁹ Diaconu-Petre, 1969, p. 443-456.

¹⁰ Ion *et alii*, 2013b, p. 89.

2. Aspecte arhitecturale ale Ansamblului Basarabi-Murfatlar

Suprafața totală a sitului este de aproximativ 3500 mp. Suprafața construită la sol în proiecție orizontală este de 2880 mp. Terenul se află în patrimoniul comunei Basarabi. Complexul rupestru de la Murfatlar-Basarabi este dispus pe trei niveluri sau terase, corespunzând cu trei etape de activitate ce s-au succedat în timp destul de repede: terasa cea mai înaltă este reprezentată prin intrarea în bisericuța B1, galerii funerare ce permit accesul în bisericuța B2. Terasa de la mijloc este marcată de intrarea în bisericuța B3 cu anexele respective și de majoritatea mormintelor, iar terasa inferioară de intrarea în bisericuța B 433. Bisericuța B4 se află sub bisericuța B3 și are dimensiunile cele mai mari ($7 \times 3,5$ m) și este cea mai importantă prin reprezentările și inscripțiile pe care le adăpostește. Este de altfel singura ce mai poate fi vizitată în regim restricționat.

3. Aspecte științifice ale stadiului monumentului

3.1. Factori ce determină producerea fenomenelor de degradare

Ansamblul Rupestru Basarabi este situat în stânca unui deal de cretă, în locul unei foste cariere de piatră romană (singura cariera a epocii care a fost descoperită). Roca este compusă din carbonat de calciu amorf, și este delicată și sensibilă la umiditate, îngheț și săruri.

În general, determinarea cauzelor responsabile de procesele degradative ale monumentelor istorice ridică anumite probleme deoarece procesele de degradare se întrepătrund, fără posibilitatea de departajare a lor și stabilirea exactă a apartenenței efectelor lor. De aceea este necesară analiza amănunțită a monumentului, evidențiind modificările suferite de acesta de-a lungul timpului luând în considerație și intervențiile de restaurare, cu scopul de a reconstitui cauzele și efectele care antrenează degradările actuale.

Procesele de degradare sunt influențate de factori de mediu, factori biologici, factori intrinseci, factori de proiectare, factori ce derivă din proceduri de construcție și execuție, factori care derivă din întreținere și tratamente de conservare necorespunzătoare¹¹.

Procesele fizico-chimice de degradare a pietrei naturale se datorează următorilor factori esențiali:

- a. umezelii;
- b. cristalizării de săruri în masa materialului;
- c. depunerii de poluanți pe suprafața pietrei, acționând procese chimice sau/și biologice;
- d. variațiilor mari de temperatură pe durata zilei și nopții (ciclurile de insolării puternice – scădere de temperatură);
- e. eroziunii datorate particulelor antrenate de vânturile puternice.

¹¹ Duchting, 1990.

3.2. Tehnici de caracterizare a cretei

Probele de cretă prelevate din zona monumentului (probe detașate din monument fără posibilitatea de a mai fi introduse în acesta) au fost analizate prin următoarele tehnici analitice:

- a. Analiza petrografică, realizată cu un microscop Leica DM750 P cu polarizare, și microscop cu sistem optic infinit Olympus BX -40. Toate aceste microscopie au diverse accesorii pentru microscopie fluorescentă, lumină.
- b. Analiza de difracție de raze X (XRD) a fost efectuată cu un difractometru DRON UM1 folosind un filtru de fier pentru radiația $\text{CoK}\alpha$ (1.79021Å). De asemenea, compoziția mineralogică a pietrei a fost determinată prin difracție de raze X pe pulberi (XRD), cu un Difractometru Philips PW 1840 (40 kV / 20 mA, radiație Cu Ka).
- c. Analiza termică a fost efectuată cu un Sistem Mettler Toledo Thermo - gravimetric TGA / SDTA 823e, în intervalul de temperatură de 25° C la 1000° C, în aer, cu 60 ml/min, la o rată de încălzire de 10° C/min, în creuzet de alumina. Analiza DSC a fost efectuat pe un instrument Metter-Toledo DSC 823e.
- d. Fluorescența de raze X cu dispersie după energie (EDXRF) a fost efectuată cu un instrument EDXRF PW4025, de tip Minipal - Panalytical, cu detector de rezoluție Si (Li) - 150 eV la 5,89 keV (Mn - K - line). Un tub Rh - cu o tensiune de accelerare de 50 kV și un filtru primar de Pd cu grosime 0,05 mm au fost utilizate pentru excitație.
- e. Dimensiunea particulelor și distribuția mărimii lor au fost măsurate cu Dynamic Light scattering (DLS), cu instrumentul Zetasizer.
- f. Microscopia electronică de baleiaj (SEM) s-a realizat cu un Microscop electronic de baleiaj Quanta 200 realizând mărimi de peste 100000×.
- g. Microscopia de forță atomică (AFM) a fost realizată cu un sistem Agilent 5500 SPM.
- h. Elementele metalice au fost determinate prin spectrometrie ICP - MS utilizând un spectrometru Optima 2100 DV ICP – OES (Perkin Elmer).
- i. Stereo-microscopia a fost realizată cu un microscop binocular Optika (20× – 40×).
- j. Ion cromatografia a fost utilizată pentru identificarea și dozarea anionilor prezenți în probele analizate. S-a utilizat un cromatograf DIONEX DX-500. Eluentul a fost carbonatul de sodiu și bicarbonatul de sodiu, la o viteză de eluție de 2 ml/min, iar pentru separarea anionilor s-a utilizat o coloană de 4 mm.
- k. Umezeala din rocile analizate a fost determinată cu un aparat Extech MO280, ce permite măsurarea ne-invazivă a umezelii din materiale de construcție pe suprafețe mici 40 × 40 mm, și în condiții de umiditate de la 0 la 60% RH (non-condensing).

4. Interpretarea rezultatelor

Stadiul în care se află Bisericuțele de cretă în acest moment s-a investigat în primul rând prin stereomicroscopie, tehnică nedistructivă care a evidențiat prezența din abundență a unui polimer utilizat pentru umplerea fisurilor pereților bisericuțelor, dar și pe zonele din jurul fisurilor. Aceste particulele de polimer au o distribuție discontinuă, uneori aglomerată, ceea ce ne face să credem că polimerul a fost aplicat prin *spray*-ere. Din păcate, acest polimer s-a uscat în timp, micșorându-și volumul, și permițând apei să pătrundă din nou în fisurile pereților, continuând astfel procesul de degradare.

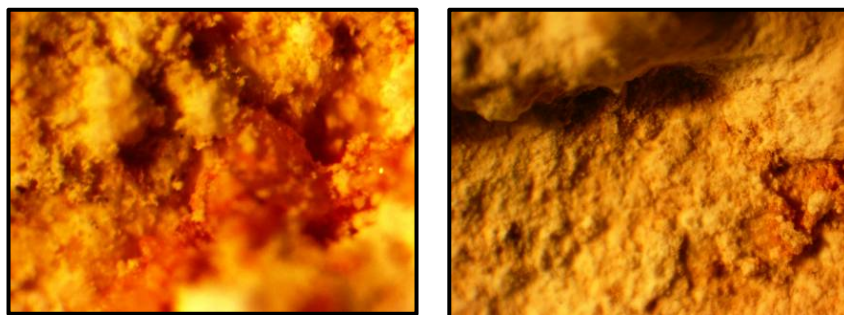


Fig. 1. Aspecte microscopice ale probelor tratate cu polimer.

Analizând prin FTIR acest polimer, s-a putut constata că este o rășină epoxidică, aflată într-o stare de degradare avansată, probabil datorită ciclurilor îngheț-dezghet la care a fost supusă (Fig. 2). Totodată, bănuim că este vorba și de un polimer policarbonat, utilizat la acoperirea întregului ansamblu rupestru.

Perețele monumentului diferă ca și analiză petrografică în funcție de poziția sa (N-E-V-S). Din analiza petrografică s-a constatat că în acest monument este majoritar carbonatul de calciu ($\text{CaCO}_3 = 91,4\%$), predominant sub formă de calcit, cu mici cantități de cuarț. (Fig. 3). Eșantionul prelevat este un calcar bioclastic (cretă), o varietate de calcar, poroasă, fin granulară și relativ friabilă. Acesta are o textură echigranulară, o structură chimică organogenă, cu calcit (și/sau vaterit) și constituenți minerali de silice, oxizi și hidroxizi de fier și silice recristalizată.

Investigațiile petrografice confirmă prezența vateritului, varietate de carbonat de calciu foarte instabilă cu tendința de a forma structuri framboidale, în prezența CO_2 , cu dimensiuni de 36 și 150 nm¹². Din acest motiv este explicabilă o concentrație de vaterit mare la exteriorul monumentului decât la interiorul bisericii B4. Pentru argumentarea acestor rezultate trebuie avut în vedere și distribuția mineralelor în funcție de adâncime.

Din punct de vedere mineralogic, la suprafața cretei există vaterit 70-75%, calcit 8-15% și numeroase incluziuni de portlandit, cuarț, dolomit și pirită. La adâncimi de 1467-1470 m vateritul devine mai puțin întâlnit (25%) iar calcitul, aflat

¹² Nehrke, 2007, p. 69.

la această adâncime în proporție de 63%, devine predominant în comparație cu vateritul; în afară de acestea apare cuarțul, portlanditul și dolomitul în cantități minore.

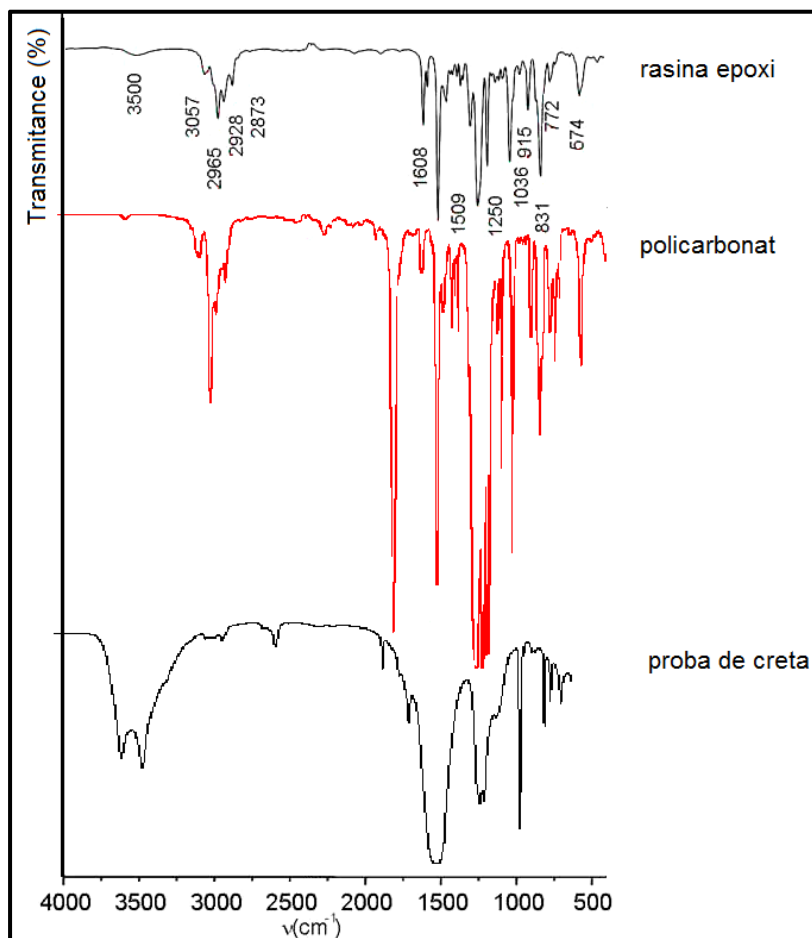


Fig. 2. Spectrele FTIR ale diferiților polimeri utilizați la restaurarea cretei.

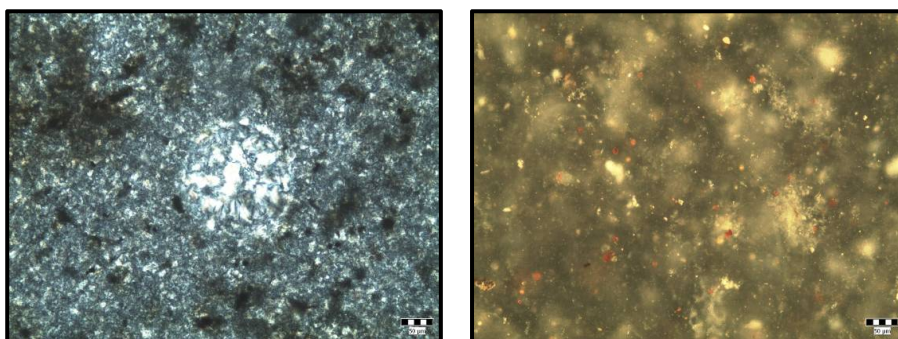


Fig. 3. Analiza petrografică a probelor de cretă.

În acord cu datele anterioare¹³, eșantionul de cretă conține o serie de metale (Ti, Sr, Ba, Mn, Bi, Sn, Cu, K, Al, Fe, Mg, Na, Si, Ca, Li, Zr), prezența Sr, favorizând stabilitatea calcitului, fiind capabil să interacționeze în primul rând cu pozițiile steric libere de pe suprafața calcitului. De asemenea, Sr²⁺ cauzează reducerea semnificativă a formării și dizolvării aragonitului¹⁴. Cu²⁺ și Zn²⁺ pot forma oxizi și carbonați solubili pe suprafața calcitului¹⁵.

Luând în considerare prezența atât a vateritului cât și a calcitului, și cunoscând încărcarea pozitivă a vateritului și negativă a calcitului, se poate explica astfel adsorbția și implicit concentrația mai mare a sărurilor pe vaterit, iar a metalelor pe calcit¹⁶. În plus, vateritul nu este stabil în soluție apoasă și se transformă într-un timp destul de mic în calcit sau aragonit (în funcție de temperatură)¹⁷. Concentrația de vaterit crește invers proporțional cu umiditatea, aceasta putând explica concentrația mai mică de vaterit la exterior și mai mare în interiorul bisericii. La exterior, umiditatea zidului este mai mică, datorită unei circulații a aerului mai intensă, în timp ce pereții din interior au o umiditate mai mare.

Se cunoaște că umiditatea din interiorul materialelor poroase poate cauza degradări structurale și estetice, degradarea structurală a materialelor constitutive ale monumentului, în condiții de temperatură scăzută, în urma fenomenului de îngheț-dezgeț. Apa poate penetra în zidăria poroasă, fie în fază lichidă, fie în fază de vapori¹⁸. În faza lichidă, umiditatea ajunge în ziduri prin fenomenul de capilaritate, sau ca urmare a infiltrațiilor¹⁹.

În fază de vapori, umiditatea poate pătrunde în structura poroasă a zidurilor ca urmare a condensării acestora și higroscopicității materialelor²⁰. Umiditatea datorată higroscopicității materialelor reprezintă cea mai agresivă formă a umidității, ce acoperă două procese: de *absorbție a umidității din aer*, care depinde de natura materialului absorbant, de porozitatea și suprafața lui. *Delicvescența*, cel de-al doilea proces, este proprietatea sărurilor de a absorbi umezeala până când formează o soluție suprasaturată.

Umiditatea de condensare are loc atunci când aerul încărcat de vapori de apă vine în contact cu o suprafață rece²¹. Condensul poate să apară în spații neventilate, în condițiile unui climat umed pe parcursul anului, cu temperaturi scăzute iarna și în nopțile de primăvară și toamnă.

Degradarea prin cristalizarea de săruri ("*salt decay*") reprezintă un fenomen care se întâlnește la materialele poroase, gen piatră naturală, cărămizi și mortar. Apa

¹³ Lea *et alii*, 2001, p. 369.

¹⁴ Gutjar, 1996, p. 310.

¹⁵ Nestaas, 1969, p. 2519.

¹⁶ Sawada, 1997, p. 921.

¹⁷ Ogino, 1979, p. 2757; Johanes, 1971, p. 28.

¹⁸ Charola, 2000, p. 327.

¹⁹ Van Hees, 2005.

²⁰ Coppola, 1996, p. 76.

²¹ Gonçalves, 2006.

care se infiltrează în porii materialului transportă substanțele poluante pe care le-a dizolvat la exteriorul materialului, în special săruri minerale, resturi vegetale și microorganisme. Sărurile minerale depozitate de soluțiile apoase ajunse în pori vor cristaliza odată cu evaporarea apei. Astfel apar tensiuni în suprafețele care delimitează porii, datorită sărurilor cristalizate aici. Denumit în mod curent “*eflorescența pietrei*”, fenomenul de cristalizare a sărurilor în pietrele de construcție reprezintă un mare pericol pentru durabilitatea unei structuri istorice²².

Sărurile cele mai întâlnite în fenomenele de eflorescență la zidării sunt: sulfații, carbonații și nitrații (de sodiu, magneziu, calciu, potasiu).

În cazul monumentului de la Basarabi, sărurile predominante sunt sulfații de sodiu și magneziu. La acestea se mai pot adăuga și clorurile, pe de o parte provenind din apa Canalului Dunăre-Marea Neagră, iar pe de alta parte din poluanții eliberați în aer de la fostul Combinat Midia-Năvodari.

Sulfații de Na, K, Mg și Ca sunt cei mai de nedorit, deoarece provoacă o slăbire pronunțată a coeziunii materialelor. Azotații de Na, K și Ca au putere de dezagregare inferioară celei a sulfaților. Carbonatul de calciu nu are o acțiune dezagregantă, dar formează incrustații foarte dure. Clorura de sodiu poate favoriza dezagregarea suprafețelor printr-un mecanism indirect de hidratare și de deshidratare a altor săruri prezente, datorat variațiilor de temperatură.

Sărurile în pereți provoacă eflorescențe - depozite de cristale de săruri solubile pe suprafața zidăriei, cu diferite structuri ce nu afectează integritatea structurală a monumentului, dar este de nedorit din punct de vedere estetic, cripto-eflorescențe-acumulări de cristale de săruri sub suprafața zidăriei, având efecte negative asupra rezistenței mecanice a acesteia.

Printre cele mai agresive săruri se numără: thenarditul (Na_2SO_4) sau mirabilitul ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)²³. Thenarditul crește în volum de mai mult de trei ori prin conversia la mirabilit, ori această creștere în volum este principala cauză a daunelor prin hidratare. SO_2 rezultat de la motoarele cu ardere internă se oxidează la SO_3 și, ulterior, la acid sulfuric, care este responsabil de distrugerea carbonatului de calciu și de conversia acestuia în sulfat de calciu $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - gips²⁴. De asemenea, prin analiza termică realizată pe probe prelevate de la Biserițele Basarabi, s-a putut identifica $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, prezent în toate tipurile de materiale deteriorate, KNO_3 , prezent în eflorescența sărurilor în patină și în cruste, thenardit (Na_2SO_4) și mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), și, nu în ultimul rând, epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) și hexahidritul ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)²⁵. Pentru a ne edifica asupra prezenței sărurilor în zid, în exteriorul zidului și în apa din lacul existent în apropierea bisericii, am prelevat probe din toate aceste locuri și în urma analizei metalelor prin ICP-OES, am obținut rezultatele prezentate în Tabelul 1.

²² Ion *et alii*, 2013b, p. 89.

²³ Charola, 2004, p. 3.

²⁴ Doehne, 2010, p. 1.

²⁵ Pop, 2013, p. 888.

Element	Apa lac Basarabi (ppm)	Intrare ansamblu NV (ppm)	Roca munte creta (I) (ppm)	Intrare ansamblu fața SV (ppm)	Roca munte creta (II) (ppm)
Al	0,218	542,29	554,15	569,81	196,38
Sr	2,322	269,66	317,27	256,38	496,44
Ca	68,19	82943,20	8379,97	80210,86	136040,38
Ba	–	14,19	1,08	11,02	16,08
Mn	–	132,33	169,24	128,08	216,79
Fe	–	652,86	379,04	354,54	116,08
Mg	131,9	760,77	132,02	764,35	1304,20
Na	458,9	173,77	837,30	172,46	1745,81
Zn	1,566	78,57	2,46	36,90	82,16
Cu	–	-	0,27	4,77	3,44
K	6,845	481,43	528,83	387,80	127,44

Tab. 1. Analiza elementelor din lacul și din creta prelevată din diverse locuri ale monumentului Basarabi.

Din analiza acestui tabel se pot constata valori semnificativ mărite ale sodiului și magneziului, ca fiind o dovadă suplimentară a prezenței sărurilor aferente acestor metale în compoziția monumentului.

Totodată, am consultat literatura de specialitate în ceea ce privește compoziția apei din Canalul Dunăre-Marea Neagră și am constatat depășiri ale concentrației compușilor cu azot și ale conținutului de sulfați de peste 300 mg/l (depășesc limitele admise de Ordinul nr. 161/2006)²⁶.

5. Propuneri de restaurare

În ultimii ani, în lumea științifică s-a înregistrat o intensificare a preocupărilor de restaurare a monumentelor aparținând patrimoniului cultural. În acest sens, s-au propus și chiar utilizat o serie de nanomateriale, ce au fost aplicate fie sub formă de pastă în amestec cu var și/sau nisip și/sau gips, fie au fost aplicate sub formă de soluție prin *spray*-ere pe suprafețe cu sau fără picturi sau încrustații. Așa se pot aminti preocupările grupurile de chimiști de la Universitatea din Florența, de la Universitatea din Madrid, iar în România, se remarcă grupul de chimiști de la ICECHIM, din care fac parte și autorii acestei lucrări.

Evident că pentru implementarea acestor nanomateriale în practica de restaurare/conservare, se impun o multitudine de teste de compatibilitate cu substratul pe care se aplică, de rezistență la apă și alte intemperii, dar și efectele asupra sănătății restauratorilor.

²⁶ Barac *et alii*, 2011, p. 1.



Fig. 4. Prezența lacului format în imediata vecinătate a bisericii (foto personal).

6. Concluzii

Având în vedere gradul avansat de degradare a monumentului, elucidarea structurii și compoziției cretei din pereții acestuia devine o problemă esențială pentru lucrările viitoare de restaurare.

În lucrarea prezentă am enumerat numai o parte din cauzele degradării acestui monument, punctând compușii responsabili de deteriorarea sa, în strânsă corelație cu mediul înconjurător și cu factorii climatici.

În prezent, în cadrul grupului nostru, se desfășoară cercetări intense de identificare a unor soluții inovative de stopare a degradării acestui monument rupestru, rezultatele testelor fiind publicate în studii viitoare.

Se află în teste diferite tipuri de nanoparticule ce au abilitatea de a penetra mult mai rapid și mai adânc structura poroasă a monumentului și, prin urmare, consolidează în profunzime și eficient structura deteriorată.

BIBLIOGRAFIE

- Agrigoroaei, 2005 Agrigoroaei, V., 2005, *Vikingi sau ruși. Noi cercetări asupra complexului de la Basarabi-Murfatlar*, în *Studia Patzinaka*, 1, p. 33-59.
- Barnea, 1960 Barnea, I., 1960, *Monumente de artă creștină descoperite pe teritoriul Republicii Populare Române*, în *Studii Teologice*, XII, 3-4, p. 211-219.
- Barac et alii, 2011 Barac, M., Maria, D., Arghirescu, A., Antoniac, C., 2011, *Acviferul Dobrogei de sud sub influența Canalului Dunăre – Marea Neagră și a factorilor antropici, Potențial poluatori ai acestuia*, în *Ecoterra*, nr. 26, p. 1-6.
- Barnea, 1962 Barnea, I., 1962, *Les monuments rupestres de Basarabi en Dobroudja*, în *Cahiers archéologiques*, XIII, p. 187-208.
- Barnea, 1963 Barnea, I., 1963, *Reprezentarea labirintului pe monumentele rupestre de la Basarabi (reg. Dobrogea)*, în *Studii și Cercetări de Istorie Veche*, XIV, 1, p. 189-195.
- Barnea, 1971 Barnea, I., 1971, *Dobrogea în secolele VII-X*, în *Peuce*, p. 205-219.
- Barnea-Bilciurescu, V. 1959 Barnea, I., Bilciurescu, V., 1959, *Șantierul arheologic Basarabi*, în *Materiale și Cercetări Arheologice*, 6, p. 541-566.
- Barnea-Ștefănescu, 1971 Barnea, I., Ștefănescu, St., 1971, *Din istoria Dobrogei*, în *Bizantini, români și bulgari la Dunărea de Jos, în colecția Bibliotheca Historiae Romaniae*, vol. 9, Ed. Academiei RSR București, 1971, p. 181-233.
- Cârciumaru et alii, 2012 Cârciumaru, M., Ion, R. -M., Nițu, E. -C., Ștefănescu, R., 2012, *New evidence of adhesive as hafting material on Middle and Upper Palaeolithic artefacts from Gura Cheii-Râșnov Cave (Romania)*, în *Journal of Archaeological Science*, 39 (7), p. 1942-1950.
- Charola, 2000 Charola, E., 2000, *Salts in the deterioration of porous materials: an overview*, în *Journal of the American Institute for Conservation*, 39, (3), 327-343.
- Coppola, 1996 Coppola, L., 1996, *Umidità nelle costruzioni: diagnosi e remedi*, în *Presenza Tecnica*, 2, p. 79-86.
- Damian et alii, 2009 Damian, O., Samson, A., Vasile, M., 2009, *Complexul rupestru Murfatlar-Basarabi la jumătate de secol de la descoperire*, în *Materiale și Cercetări Arheologice*, V, p. 117-159.
- Diaconu-Petre, 1969 Diaconu, P., Petre, N., 1969, *Quelques observations sur le complexe archéologique de Murfatlar (Basarabi)*, în *Dacia*, XIII, p. 443-456.

- Dobrev, 1995 Dobrev, P., 1995, *Universum Protobulgaricum*, Band I, *Inschriften und Alphabet der Urbulgaren*, Sofia, on-line <http://members.tripod.com/Groznijat/index.htm>
- Doehne-Price, 2010 Doehne, E. F., Price, C., 2010, ***Stone conservation: an overview of current research***, 2nd ed., Los Angeles, California, Getty Conservation Institute, 164 p.; p. 1-10.
- Duchting, 1990 Duchting, H., 1990, ***Comprendre et créer la couleur***, Ed. Dessain et Tolra, Paris, 80 p.
- Gonçalves, 2006 Gonçalves, J., *Humidity analysis and control*, Culture 2000 – Saving Sacred Relics of European Medieval Cultural Heritage, Gura Humorului, Romania, 16-29 July 2006.
- Gutjahr *et alii*, 1996 Gutjahr, A., Dabringhaus, H., Lacmann, R., 1996, *Studies of the growth and dissolution kinetics of the CaCO₃ polymorphs calcite and aragonite II. The influence of divalent cation additives on the growth and dissolution rates*, in *Journal of Crystal Growth*, 158, p. 310-315.
- Pop *et alii*, 2013 Pop, S. -F., Ion, R. -M., 2013, *Thermal analysis of the chemical weathering of chalk stone materials*, in *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 15 (7-8), p. 888-892.
- Ion *et alii*, 2013a Ion, R.-M., Bunghez, I. R., Pop, S.-F., Fierascu, R.-C., Ion, M.-L., Leahu, M., 2013, *Chemical weathering of chalk stone materials from Basarabi Churches*, in *Metalurgia International*, 18 (2), p. 89-93.
- Ion *et alii*, 2013b Ion, M. -L., Fierăscu, R. -C., Leahu, M., Ion, R. -M., Turcanu-Carutiu, D., 2013, *Nanomaterials for conservation and preservation of historical monuments*, Proc. 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation, p. 97-104.
- Lea *et alii*, 2001 Lea, A. S., Amonette, J. E., Baer, D. R., Liang, Y., Colton, N. G., 2001, *Microscopic Effects of Carbonate, Manganese and Strontium Ions on Calcite Dissolution*, in *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65 (3), p. 369-379.
- Nestaas-Terjesen, 1969 Nestaas, I., Terjesen, S. G., 1969, *The inhibiting effect of scandium ions upon the dissolution of calcium carbonate*, in *Acta Chemica Scandinavia*, 23, p. 2519-2531.
- Nehrke, 2007 Nehrke, G., 2007, *Calcite precipitation from aqueous solution: transformation from vaterite and role of solution stoichiometry*, Doctoral thesis, Utrecht University, p. 67-96.
- Ogino *et alii*, 1987 Ogino, T., Suzuki, T., Sawada, R., 1987, *The formation and transformation mechanism of calcium carbonate in water*, in *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, p. 2757-2767.
- Opreanu, 2002a Opreanu, M., 2002, *Ansamblul rupestru de la Basarabi (I), Murfatlar, Jud. Constanța*, in *Arhitext*, p. 34-36.
- Opreanu, 2002b Opreanu, M., 2002, *Ansamblul rupestru de la Basarabi (II), Murfatlar, Jud. Constanța*, in *Arhitext*, p. 19.

- Opreanu, 2002c Opreanu, M., 2002, *Basarabi Rupestrian Ensemble, Department of Constanta, Romania, IXth-Xth century*, în *Arhitext*, p. 35-36.
- Van Hees *et alii*, 2005 Van Hees, Rob P. J., Binda, L., Papayanni, I., Toumbakari, E., 2005, *Damage analysis as a step towards compatible repair mortars*, în ***RILEM Report 28: Characterisation of old mortars with respect to their repair, Chapter 3***, RILEM Publication S.A.R.L.
- Sawada, 1997 Sawada, K., 1997, *The mechanisms of crystallization and transformation of calcium carbonates*, în *Pure and Applied Chemistry*, 69, p. 921-928.
- Spinei, 1973a Spinei, V., 1973, *Informații despre vlahi în izvoarele medievale nordice. I.*, în *Studii și Cercetări de Istorie Veche*, XXIV, 1, p. 57-81.
- Spinei, 1973b Spinei, V., 1973, *Informații despre vlahi în izvoarele medievale nordice. II.*, în *Studii și Cercetări de Istorie Veche*, XXIV, 2, p. 259-282.
- Theodorescu, 1976 Theodorescu, R., 1976, ***Un mileniu de artă la Dunărea de jos (400-1400)***, București, 1976.